
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.4:631.67

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.40>

ҐРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ У БАГАТОРІЧНИХ НАСАДЖЕННЯХ ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ПІДЗЕМНИМИ ВОДАМИ МІСЦЕВИХ ДЖЕРЕЛ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Афанасьєв Ю.О. – науковий співробітник,

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені
О.Н. Соколовського»

У статті наведено окремі результати багаторічних досліджень ґрунтового-екологічного стану зрошуваних масивів багаторічних насаджень в умовах краплинного зрошення. Використання для краплинного зрошення зрошувальних вод місцевого походження у багатьох випадках призводить до погіршення стану земель через прояви засолення та осолонцювання, що в свою чергу веде до зниження родючості ґрунтів, а в окремих випадках неможливості подальшого використання у товарному виробництві. Використання зрошувальних вод місцевого походження потребує обов'язкового врахування низки вимог до їх якості, оскільки вплив зрошувальної води є ключовим фактором збереження родючості ґрунту, отримання високоякісної товарної продукції та довготривалості експлуатації елементів системи краплинного зрошення. При застосуванні обмежено придатних вод із підвищеною мінералізацією спостерігаються прояви галогенезу (соленакопичення) в поливні періоди, що мають стрічковий характер. При цьому максимальна кількість усіх водорозчинних та токсичних солей зосереджується у межах зони зволоження ґрунту, нижня частина якої у деяких ґрунтах є менш засоленою, що пов'язано із сприятливими умовами вимивання солей атмосферними опадами в осінньо-зимово-весняний період. Однак, за умови багаторічного використання обмежено придатних вод, та особливо непридатних, спостерігаються суттєві прояви засолення та осолонцювання зрошуваних ґрунтів, що унеможливорює подальше повноцінне їх використання. Так, у складі ґрунтового-поглинального комплексу, особливо в зоні водовитуску та у приштамбовій зоні, різко зростає вміст обмінних Na+K в середньому до 5–6,5%. Оцінка ступеня солонцюватості вказує на те, що ґрунти є середньо солонцюватими в усіх досліджуваних точках. Виходячи з цього, виникає необхідність у контролюванні хімічного складу поливної води і сольового складу ґрунтів не рідше одного разу на два роки.

Ключові слова: краплинне зрошення, ґрунтового-екологічний стан, якість зрошувальної води, засолення, осолонцювання.

Afanasyev Yu.O. Soil-ecological condition of irrigated lands in perennial plantations under drip irrigation with underground water from local sources in the south of Ukraine

The article presents separate results of multi-year studies of the soil and ecological condition of irrigated arrays of perennial plantations under drip irrigation conditions. The use of irrigation water of local origin for drip irrigation in many cases leads to the deterioration of the condition of the land due to salinization and salinization, which in turn leads to a decrease in soil fertility, and in some cases, the impossibility of further use in commercial production. The use of irrigation water of local origin requires mandatory consideration of a number of requirements for its quality, since the influence of irrigation water is a key factor in preserving soil fertility, obtaining high-quality commercial products, and long-term operation of drip irrigation system elements. When using water of limited suitability with high mineralization, manifestations of halogenesis

(salt accumulation) are observed during irrigation periods, which have a ribbon character. At the same time, the maximum amount of all water-soluble and toxic salts is concentrated within the limits of the free zone soil erosion, the lower part of which in some soils is less saline, which is due to favorable rain. We condition the washing of atmospheric salts by precipitation in the autumn-winter-spring period. However, under the condition of long-term use of limited suitable water; and especially unsuitable water, significant manifestations of salinization and salinization of irrigated soils are observed, which makes their further full use impossible. Thus, in the composition of the soil-absorbing complex, especially in the water discharge zone and in the pre-stem zone, the content of exchangeable $\text{Na} + \text{K}$ increases sharply to an average of 5–6.5%. The assessment of the degree of salinity indicates that the soils are moderately saline in all the studied points. Based on this, there is a need to control the chemical composition of irrigation water and the salt composition of soils no less than once for two years.

Key words: drip irrigation, soil-ecological condition, irrigation water quality, salinization, sodicity.

Постановка проблеми. Загальновідомо, що отримання якісної садівницької продукції потребує застосування інтенсивних технологій вирощування. Для підвищення продуктивності насаджень, особливо у районах з недостатнім і нерегулярним зволоженням, необхідним є застосування різних способів зрошення. Зрошення, разом з іншими агротехнічними заходами догляду за садом, підвищує врожайність, сприяє регулярному плодоношенню та збільшенню продуктивного періоду багаторічних насаджень.

Тенденції розвитку зрошувального землеробства в Україні показують, що краплинне зрошення є одним з пріоритетних способів вологозабезпечення культур [1, с. 14; 2, с. 7; 3, с. 3; 4]. Потенційні можливості технології краплинного зрошення за рахунок оптимізації водного та поживного режимів ґрунту дозволяють отримувати достатньо високі рівні врожайності за одночасної мінімізації питомих витрат на одиницю продукції. З огляду на такі переваги, будівництво систем краплинного зрошення в Україні набуло масового характеру, воно швидко впроваджується в сільськогосподарське виробництво не лише у великих підприємствах, а й у невеликих господарствах та приватному секторі. Існує точка зору, що через кілька років краплинне зрошення стане в Україні безальтернативним при вирощуванні практично всіх культур садівництва [3, с. 6; 5, с. 11; 6].

Дедалі більше виробництво садівницької продукції в Україні, особливо в зоні Степу, зосереджується у дрібних господарствах. Для краплинного зрошення ряд господарств використовують підземні води з місцевих джерел, що часто не відповідають встановленим критеріям. Можливість отримання високих врожаїв є пріоритетним питанням, а стан ґрунтового покриву, питання підтримки родючості зрошуваних земель, здебільшого залишаються поза увагою. Часто це зумовлює виникнення таких проявів іригаційної деградації як засолення, осолонцювання та ін., що в свою чергу призводить до неможливості отримання запланованих рівнів врожайності, необґрунтованого збільшення енергозатрат на виробництво, а в кінцевому результаті – економічні втрати та моральне розчарування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тривалими науковими дослідженнями встановлено, що з початком зрошення змінюються умови функціонування всіх складових природного середовища, у тому числі відбуваються зміни у спрямованості та швидкості ґрунтових процесів [7, с. 906; 8, с. 133; 9, с. 506; 10, с. 48]. Результати цих змін залежать від якості поливних вод та обсягів подачі води, кліматичних і гідрогеологічних умов регіонів розвитку зрошення, буферних властивостей ґрунтів, техніки і технологій зрошення, загальної культури садівництва тощо.

При виборі джерела води для систем краплинного зрошення необхідно враховувати високі вимоги до її якості. Придатність води для краплинного зрошення оцінюють за

ступенем її впливу на ґрунт, рослину та елементи зрошувальної мережі, відповідно до встановлених стандартів [10, с. 55; 11, с. 27; 12, с. 5]. У кожному конкретному випадку можливість використання води для зрошення ґрунтується на основі даних її хімічного аналізу. Відповідно до їх значень за відношенням до встановлених нормативів показників визначається можливість застосування такої води для зрошення чи необхідність проведення її меліорації для подальшого використання.

Щодо ґрунтових умов – для краплинного зрошення необхідно відводити площі з загальним вмістом в кореневмісному шарі ґрунту солей не більше 0,4%. Під ділянки зрошування краплинним способом доцільно відводити масиви із заляганням прісних підґрунтових вод не ближче двох, а засолених – не ближче чотирьох метрів від поверхні землі. На масивах з мінералізованими підґрунтовими водами і несприятливими умовами відтоку необхідно складати прогноз водно-солевого режиму території і, за необхідністю, передбачати відповідні заходи.

Науковими дослідженнями встановлено, що ґрунтові процеси зазнають змін у зволоженому об'ємі під крапельними водовипусками. Ці зміни зумовлені хімічним складом зрошувальної води, її мінералізацією, вихідними характеристиками ґрунту і т. і. За межами зони зволоження стан ґрунту визначається переважно технологіями вирощування культури.

В умовах краплинного зрошення за застосування вод із підвищеною мінералізацією спостерігаються прояви галогенезу (соленакопичення) в поливній періоді, що мають стрічковий характер. При цьому максимальна кількість усіх водорозчинних та токсичних солей зосереджується у межах зони зволоження ґрунту, нижня частина якої у деяких ґрунтах є менш засоленою, що пов'язано із сприятливими умовами вимивання солей атмосферними опадами в осінньо-зимово-весняний період. Однак не завжди складаються такі умови, коли кількості атмосферних опадів достатньо для вимивання надлишкової кількості солей, що додатково надійшли у ґрунти, і їхній вміст виходить за межі, допустимі для вирощування сільськогосподарських культур. Найнебезпечнішим наслідком використання зрошувальних вод з підвищеною мінералізацією є осолонцювання ґрунту як наслідок заміщення поглинутого кальцію натрієм, магнієм і калієм у складі ґрунтового поглинального комплексу.

Мета – дослідити зміни ґрунтово-екологічного стану ґрунтів під впливом краплинного зрошення багаторічних насаджень зрошувальними водами місцевого походження.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено у 2015–2021 роках в межах Херсонської, Миколаївської та Одеської областей на землях господарств різних форм власності. Багаторічні насадження представлено фруктовими та ягідними насадженнями, що культивуються з використанням систем краплинного зрошення. Об'єктами досліджень були чорноземи звичайні середньосуглинкові, чорноземи південні важкосуглинкові, темно-каштанові середньосуглинкові ґрунти зрошені краплинним способом. Зрошення здійснювалося місцевими підземними водами з мінералізацією 1,9–2,1 г/дм³ в межах Одеської та Миколаївської областей та мінералізацією 2,2–2,6 г/дм³ у Херсонській області. Зрошувальні води у всіх випадках за переважаючим типом солей сульфатно-хлоридного магнієво-натрієвого складу. За агрономічними критеріями (ДСТУ 2730–94) вода обмежено придатна та непридатна для зрошення за небезпекою засолення і осолонцювання (2–3 клас); за екологічними критеріями (ДСТУ 7286:2012) – придатна для зрошення (1 клас).

Досліджувані об'єкти представлено ділянками з рівнем залягання підґрунтових вод менше 2 м та 3–5 м. Підґрунтові води переважно сульфатного натрієво-магнієвого складу з мінералізацією 2,5–3,0 г/дм³. Усі досліджувані ділянки використовувались для вирощування овочевих культур. У межах досліджуваних ділянок вибрано ключові точки спостережень та проведено відбір ґрунтових зразків у 4 основних зонах: поливної стрічки, рядка культур, на межі утвореного контуру зволоження та незрошеного міжряддя, що дозволило оцінити варіювання параметрів показників у межах контуру зволоження порівняно з незрошуваним міжряддям. Відбір ґрунтових зразків проводили ручним буром суцільною колонкою з шарів ґрунту 0–25 см, 25–50 см, 50–75 см, 75–100 см. Польові дослідження проводили у період максимального солепроявлення у ґрунтах з урахуванням строку збирання урожаю сільськогосподарських культур згідно чинних нормативів, щодо проведення сольової зйомки і обстеження еколого-меліоративного стану земель та технологій вирощування овочевих культур за краплинного зрошення [13, с. 5; 14, с. 241; 15, с. 177–203].

У пробах ґрунту визначали сольовий склад методом водної витяжки (ДСТУ 7908, ДСТУ 7909, ДСТУ 7943 – ДСТУ 7945 та ДСТУ 8346); уміст увібраних катіонів (ДСТУ 7604, ДСТУ 8345); уміст CaCO₃ за МВВ 31 – 497058 – 021–2005. Достовірність отриманих даних оцінювали із застосуванням програми «Statistica 10.0». Оцінювання потенціалу продукційної екосистемної послуги ґрунтів здійснювали за розробленою нами раніше методикою [10].

Результати досліджень. Встановлено, що при використанні для зрошення молодого саду води зі свердловини II–III класу якості за небезпекою засолення, осолонцювання та токсичного впливу на рослини (обмежено придатна і непридатна для зрошення) вже протягом трьох перших років поливів у чорноземах звичайних карбонатних відбувалося підвищення вмісту токсичних водорозчинних солей і увібраного натрію у приштамбових зонах – до сильного ступеня солонцюватості у верхньому 25-сантиметровому шарі ґрунтів (рис. 1). У наступні роки зрошення наявними водами спричиняло подальший розвиток процесів осолонцювання чорнозему звичайного та нагромадження токсичних солей у кореневмісному шарі приштамбових зон. Еколого-агромеліоративний стан ґрунту визначено як незадовільний, що в свою чергу потребує застосування прийомів хімічної меліорації зрошувальних вод та ґрунтів.



Рис. 1. Вміст увібраних натрію та калію у досліджуваних ґрунтах (% від суми)

Застосування краплинного зрошення садів поверхневими водами, що у різні періоди року відносяться до I–II класу якості (придатні та обмежено придатні для зрошення) не виявляє істотних змін у складі водорозчинних солей у плантажованих темно-каштанових ґрунтах, порівняно з незрошуваними аналогами. Певною мірою це обумовлено дією карбонатів кальцію, що виносяться на поверхню ґрунту при проведенні плантажної оранки. Вміст водорозчинних солей у шарі 0–25 см протягом років зрошення в межах водовипуску, межі контуру зволоження та незрошеного міжряддя майже не змінювався і складав, як і у незрошуваних умовах, 0,9–0,11%, токсичних солей – 0,06–0,08%. Більш глибокі шари ґрунту також не зазнали суттєвих змін. Проте, сума увібраних $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ дещо зростала у зоні водовипуску та на межі контуру зволоження і складала 2,4–2,9% (слабкий ступінь осолонцювання), в незрошуваному міжрядді змін не відбувалося, оскільки ця зона не зазнає впливу краплинного зрошення (рис. 1). Еколого-агроекологічний стан ґрунту визначено як задовільний.

Дослідження сольового складу чорноземів південних, зрошуваних водами 2 класу показало, що в шарі ґрунту 0–25 см в зоні поливної стрічки і рядка культури вміст токсичних солей коливався від 0,04% до 0,12%, складаючи у середньому по досліджуваній ділянці 0,08%. Склад солей сульфатно- та хлоридно-гідрокарбонатний магнієво – натрієвий. З глибиною спостерігається тенденція поступового зниження вмісту токсичних солей (до 0,05%), а їх склад переважно хлоридно-гідрокарбонатний магнієво- і кальцієвий. рН ґрунтового розчину у верхньому шарі ґрунту 7,7–7,9 з тенденцією поступового збільшення з глибиною, що відповідає збільшенню вмісту гідрокарбонатів кальцію. Таким чином, в зоні поливної стрічки і рядка культури ґрунтовий профіль до глибини 0–100 см є незасоленим, а відношення вмісту Ca/Na у водній витяжці (шар 0–50 см) в межах 1,2–1,7 свідчить про задовільний стан ґрунту.

На межі контуру зволоження у верхньому 0–25 см шарі ґрунту відзначено збільшення вмісту токсичних солей до 0,13–0,19% (у середньому по досліджуваній ділянці 0,17%), що свідчить про прояви слабого ступеня засолення ґрунту. Порівняно з аналогічним шаром ґрунту зони поливної стрічки і рядка культури, у складі водного розчину ґрунту на межі контуру зволоження у різних точках спостереження збільшився вміст хлорид-іону у 3–5 разів (з 0,35–0,55 мекв/100 г ґрунту до 0,99–2,75 мекв/100 г ґрунту) та водорозчинного натрію у 1,5–2 рази (з 0,62–0,95 мекв/100 г ґрунту до 1,32–1,57 мекв/100 г ґрунту). Склад солей переважно сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий. рН ґрунтового розчину у верхньому шарі ґрунту 7,6–7,8 з тенденцією поступового збільшення з глибиною, що відповідає збільшенню вмісту гідрокарбонатів кальцію. З глибиною вміст токсичних солей поступово знижується до 0,08%, що свідчить про відсутність засолення нижніх шарів ґрунту, у складі солей переважають гідрокарбонати кальцію. Відношення вмісту Ca/Na у водній витяжці (шар 0–50 см) в межах 0,8–1,5, що свідчить про задовільний стан ґрунту.

У міжрядді верхня 0–100 см частина ґрунтового профілю є незасоленою, вміст токсичних солей коливається в межах 0,05–0,09%, з тенденцією поступового неістотного збільшення з глибиною, що є властивим для досліджуваного типу ґрунтів. У складі солей переважають гідрокарбонати та сульфати кальцію. рН ґрунтового розчину 6,9–7,6. Спостерігається зростання показника відношення вмісту Ca/Na до 1,3–2,5 (задовільний стан).

Вміст карбонатів кальцію у верхньому шарі ґрунту досліджуваної ділянки в різних точках контуру зволоження коливається в межах 0,9–1,2%. Згідно

з нормативними документами досліджувані ґрунти є низько буферними до процесу вторинного осолонцювання. У складі ґрунтового поглинального комплексу у шарі 0–25 см в зоні поливної стрічки і рядка культури вміст обмінних Na+K був в межах 4,7–6,8% (в середньому 5,7%), а у шарі 25–50 см – 4,4–5,6% (в середньому 4,9%). На межі контуру зволоження в окремих точках спостереження спостерігалось збільшення вмісту обмінних Na+K у 0–25 см шарі ґрунту до 7,6%, але середній вміст все ж становив 5,6%, а у підорному – 4,6%. У міжрядді вміст обмінних Na+K у шарах ґрунту 0–25 см та 25–50 см у середньому становив відповідно 5,1% та 4,1%. Оцінка ступеня солонцюватості показала, що ґрунти є середньо солонцюватими в усіх досліджуваних точках.

Висновки і пропозиції. Для попередження засолення ґрунтів за краплинного зрошення багаторічних насаджень, особливо тих, де є висока ймовірність цього, виникає необхідність у контролюванні хімічного складу поливної води і сольового складу ґрунтів не рідше одного разу на два роки. Оцінка еколого-агромеліоративного стану ґрунтів під багаторічними насадженнями є основою для розробки й застосування системи заходів з хімічної меліорації зрошувальних вод та ґрунтів з метою отримання високих сталих врожаїв та високоякісної продукції. Концептуальною основою застосування хімічної меліорації при краплинному зрошенні є необхідність урахування локального впливу поливної води на ґрунт у зоні, безпосередньо прилеглої до водовипуску. Відповідно до цього внесення кальцієвих меліорантів має здійснюватися таким чином, щоб, насамперед, впливати на зону солонцепроявлення. Цього можна досягти шляхом внесення меліорантів у поливну воду (разом з добривами і засобами захисту рослин або окремо).

Для внесення з поливною водою, з огляду на безпеку засмічення трубопроводів і водовипусків, придатні лише добре розчинні в ній меліоранти, отже, концентрація в ній сульфатів кальцію не може перевищувати 1,5–2,0 г/дм³. Можливе застосування добре розчинного нітрату кальцію, який є одночасно азотним добривом, але внесення цієї речовини обмежується її високою вартістю та вкрай несприятливими властивостями для транспортування (висока гігроскопічність).

У випадках проявів іригаційної солонцюватості середнього або сильного ступеня, коли хімічної меліорації лише поливної води недостатньо через її низьку якість, доцільним є внесення кальцієвих меліорантів у ґрунт у неполивний період дозами, розрахованими аналогічно дозам меліорантів для природних солонцевих ґрунтів. У цих випадках може бути доцільним також обмеження краплинного зрошення або його повне припинення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC. Geneva, Switzerland, 2007. 104 p.
2. FAO 2020. Mapping of salt-affected soils: Technical specifications and country guidelines. Rome. FAO. 2020. 24 p. URL: <http://www.fao.org/3/ca9203en/CA9203EN.pdf>
3. Інформаційно-аналітична довідка про стан водних ресурсів держави та особливості сільськогосподарського виробництва в умовах змін клімату. URL: <http://naas.gov.ua/upload/iblock/78a/Інформаційна%20довідка%2004.05.2020>
4. Про схвалення Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-p#Text>

5. Організація системи режимних спостережень для оцінки еколого-меліоративного стану земель в умовах мікрозрошення (методичні рекомендації) / за редакцією М.І. Ромашенка. Київ. ТОВ «ДІА». 2014. 42 с.
 6. Рішення Херсонської обласної ради від 20 грудня 2019 року № 1511 "Про стратегію розвитку Херсонської області на період 2021-2027 років". URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/04/strategiya-rozvytku-hersonskoyi-oblasti-na-period-2021-2027-rokiv.pdf>
 - Phogat, V., Cox, J.W., Šimůnek, J. and Hayman, P. 2020. Long-term simulation of water and salinity risks on a viticulture based agro-ecosystem in a semi-arid basin of South Australia. *Water and Climate Change* 11(3): P. 901–915. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2018.186>
 8. Status of the world's soil resources. Rome. FAO. 2015. 648 p.
 9. Mei-xian Liu et al. Effects of Irrigation Water Quality and Drip Tape Arrangement on Soil Salinity, Soil Moisture Distribution, and Cotton Yield (*Gossypium hirsutum* L.) under mulched drip irrigation in Xinjiang, China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2012. Vol. 11(3). P. 502-511. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60036-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60036-7)
 10. Оцінка екосистемних послуг засоленних ґрунтів під впливом меліорації (методичні рекомендації) / за ред. С. А. Балюка, О.М. Дрозд. Харків: ФОП Бровін О. В., 2017. 128 с.
 11. Комплекс протидеградаційних заходів на зрошуваних землях України / за науковою редакцією С.А. Балюка, М. І. Ромашенка, В. А. Сташука. Київ. Аграрна наука, 2013. 160 с.
 12. ДСТУ 7591:2014 Зрошення. Якість води для систем краплинного зрошення. Агрохімічні, екологічні та технічні критерії [Чинний від 2015-07-01].– К.: Мінекономрозвитку України, 2015.-14 с. (Національний стандарт України)
 13. Рекомендації щодо обстеження еколого-меліоративного стану земель в умовах краплинного зрошення / уклад.: С.А. Балюк, В.Я. Ладних, О.А. Носоненко. Харків. 2012. 20 с.
 14. Афанасьєв Ю.О. Особливості просторово-диференційованого відбору ґрунтових зразків при краплинному зрошенні. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 126. С. 238-244.
 15. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації): колективна монографія / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашенка, Р.С.Трускавецького. Херсон: Грінь Д.С., 2015. 668 с.
-